

In order to detect oxygen concentrations, a gallium-aluminum-arsenide (GAAS) laser diode 71 is used. The GAAS laser diodes can produce wavelengths in the range of 700 nm to 780 nm, and allow to tune their wavelengths over the range of several nanometers by changing their operating temperatures. By selecting a suitable GAAS laser diode from the manufactured ones, a GAAS laser diode having a wavelength in the vicinity of the 760 nm oxygen absorption band can be selected.

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-194343

(43)公開日 平成6年(1994)7月15日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 N 29/00  
21/00

識別記号

5 0 1

庁内整理番号

8105-2 J

A 7370-2 J

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数11(全 11 頁)

(21)出願番号 特願平5-242243

(22)出願日 平成5年(1993)9月29日

(31)優先権主張番号 9 2 2 0 6 3 4 : 1

(32)優先日 1992年9月30日

(33)優先権主張国 イギリス(GB)

(71)出願人 591141980

ジーイーシー マルコニ リミテッド  
イギリス ミドルセックス エイチエイ7  
4エルワイ スタンモア ウォーレン  
レーン ザ グロヴ (番地なし)

(72)発明者 ロジャー マーティン ラングドン  
イギリス エセックス シーオー4 4ピ  
ーゼットコルチェスター アップランド  
ドライブ 52

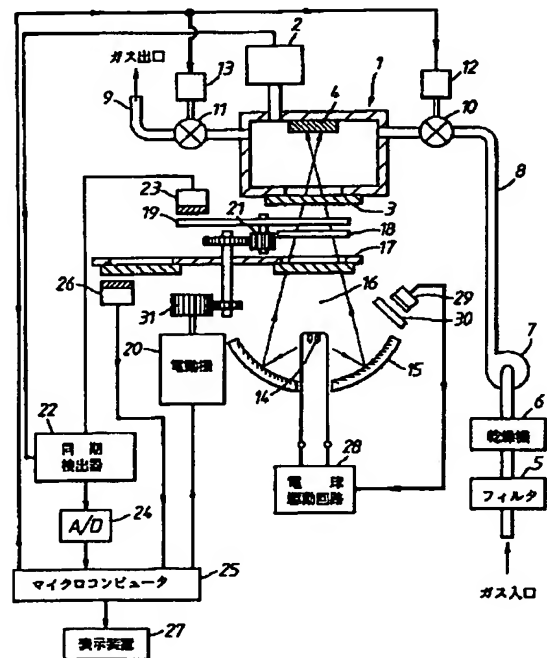
(74)代理人 弁理士 中村 稔 (外6名)

(54)【発明の名称】 ガス分析装置

(57)【要約】

【目的】 本発明の目的はガス分析装置、特定的には排気放出監視のためのガス分析装置を提供することである。

【構成】 本ガス分析装置は排気ガスを通過させる光音響セルを使用する。複数の被変調赤外放射ビームがセルに入射し、各ビームの周波数は濃度を検知すべきガスの吸収帯に対応している。各ビームはその変調周波数の周波数を有する音響信号を生成し、この音響信号の振幅はそのビームを吸収するガスの濃度を計算するために使用される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光音響セル、被変調赤外レーザ放射の第1の源、及びマイクロホンを具備し、光音響セルは分析すべきガスの混合体を収容し、赤外レーザ放射の周波数は酸素の吸収帯に対応し、赤外レーザ放射を光音響セル内で吸収させて混合体内の酸素の濃度に対応する振幅を有し且つ変調周波数の周波数を有する音響波を生成させ、この音響信号をマイクロホンによって電気信号に変換するように配列したことを特徴とするガス分析装置。

【請求項2】 複数の分離した周波数の被変調赤外放射の第2の源をも具備し、各周波数は検知すべきガスの吸収帯に対応し、赤外放射を光音響セル内で吸収させ、各周波数に混合体内のガスの濃度に対応する振幅を有し且つ赤外放射の変調周波数の周波数を有する音響波を生成させ、これらの全ての音響信号をマイクロホンによって電気信号に変換するように配列した請求項1に記載のガス分析装置。

【請求項3】 被変調赤外放射の第2の源は、広スペクトル電磁放射源、変調器、及び異なる赤外周波数帯を通過させる複数の帯域通過フィルタからなる請求項2に記載のガス分析装置。

【請求項4】 変調器は赤外放射をある一定の周波数で変調し、帯域通過フィルタは各々が異なる赤外周波数帯を有する複数の赤外放射ビームを順次に生成するように運動する請求項3に記載のガス分析装置。

【請求項5】 変調器及び帯域通過フィルタは複数の赤外放射ビームを同時に生成し、各ビームは異なる赤外周波数帯及び異なる変調周波数を有している請求項3に記載のガス分析装置。

【請求項6】 ガスの混合体は、内燃機関からの排気である請求項1乃至5の何れかに記載のガス分析装置。

【請求項7】 ガスは、光音響セル内のガスを音響的に絶縁するくびれを有する管を通して光音響セルに出入する請求項1乃至6の何れかに記載のガス分析装置。

【請求項8】 広スペクトル電磁放射源は、白熱電球である請求項3に記載のガス分析装置。

【請求項9】 第1の源は、ガリウム・アルミニウム・砒素(GAAS)レーザである請求項1に記載のガス分析装置。

【請求項10】 レーザは、その温度を変化させることによって酸素吸収線の周波数に同調される請求項9に記載のガス分析装置。

【請求項11】 第1及び第2の半透明反射器と、第1及び第2の赤外放射センサと、薄膜フィルタと、レーザの温度を制御する制御手段をも含み、光音響セル内に進入するレーザビームの他に1対の参照ビームが生成されるようにレーザビームの経路内に第1及び第2の半透明反射器は配置され、参照レーザビームは非平行であって各々が赤外放射センサの1つに入射する前に薄膜フィルタを通過し、制御手段は赤外放射センサの出力に依存し

てレーザ温度を制御するようにした請求項10に記載のガス分析装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はガス分析装置に関し、具体的には排気放出監視のためのガス分析装置に関する。

【0002】

【従来の装置】内燃機関、特に車両に使用される内燃機関の排気放出監視は、排気放出法規がより厳格になるにつれて益々重要になってきている。ガス分析装置を排気放出モニタとして使用する際の主要な2つの問題は、検出すべき異なるガスのレベルが変動することを予測してガス分析装置が多数の異なるガスを同時に監視しなければならないこと、及び機関が排気放出を発生したならばガス分析装置は迅速にそれらを測定できなければならないことである。これらの基準を満足するために排気放出監視用の殆どのガス分析装置は、分析すべきガスを収容している室を通して異なる周波数の多数の電磁放射ビームを通過させ、室を通過する前後のこれらのビームの強度を測定するように動作している。異なるガスの吸収帯の周波数のビームを使用し、ビームの減衰の程度を測定することによってサンプル内の異なるガスの濃度を計算することができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】この型のシステムには1つの重大な欠陥が存在している。即ち、殆どの関心ガスの吸収係数は比較的小さいから、排気放出監視をするに十分に有用な感度をシステムが呈するように十分な減衰を発生させるためには、排気ガス混合体を通る経路長を極めて長くする必要があることである。その結果、この型のシステムは大型になり、かさばり、そして高価になり、また複雑な光学系及び長いガス管を含んでいるために壊れ易くなる。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明はこれらの諸問題を、少なくとも部分的に、解決するガス分析装置を企図している。本発明のガス分析装置は、光音響セル、複数の分離した周波数の被変調赤外放射の源、及びマイクロホンを具備し、光音響セルは分析すべきガスの混合体を収容し、赤外放射の各周波数は検知すべきガスの吸収帯に対応し、そして赤外放射を光音響セル内で吸収させて混合体内のガスの濃度に対応する振幅を有し且つ赤外放射の変調周波数の周波数を有する音響波を生成させ、この音響信号をマイクロホンによって電気信号に変換する。

【0005】

【実施例】以下に添付図面に基づいて本発明を使用するガス分析装置を説明する。図1に示す第1のガス分析装置は、内燃機関排気放出監視を可能にするように計画されている。このガス分析装置は、マイクロホン2に結合

されている円筒形の光音響セル1を具備する。この光音響セル1の一方の端面は赤外放射透過窓3を含み、また他方の端面は赤外放射吸収体4を含んでいる。内燃機関排気管(図示してない)からの排気ガスは、フィルタ5及び乾燥機6を通過し、光音響セル1に通じているガス入口管8内へポンプ7によってポンプされる。分析された後のガスは光音響セル1から排出され、ガス出口管9を通過してガス出口へ導かれる。光音響セル1への、及び光音響セル1からのガスの出入は1対の弁、即ち入口弁10及び出口弁11によって制御される。弁10及び弁11はそれぞれ電磁サーボ12及び13によって開閉される。フィルタ5はシステムの光学成分の汚れを防ぐために排気ガスからの固体粒子を除去し、乾燥機6は水蒸気による赤外放射吸収が他のガスの測定濃度に影響するのを防ぐために排気ガスから水蒸気を除去する。

【0006】光音響セル1は、濃度が測定されるガスが吸収する周波数の被変調赤外放射を赤外放射透過窓3を通して光音響セル1内へ導くことによって動作する。光音響セル1内で赤外放射の周波数を吸収するガスを含むガスを通して赤外放射を通過させると、赤外放射の一部はそのガスに吸収されて温度が上昇せられる。公知のように、もし容積を一定に保ってガスの温度を上昇させれば、その圧力が増大する。その結果、入射放射によって光音響セル1内に入射放射の変調周波数の音響波が発生し、これらの音響波はマイクロホン2によって拾われる。光音響セル1の内部は、ガス入口弁10及びガス出口弁11によってガス入口管8及びガス出口管9から音響的に絶縁されている。本ガス分析装置はCO、CO<sub>2</sub>、HC、N<sub>2</sub>、NO及び他の窒素酸化物の濃度を測定するように計画されている。これを遂行するためには異なる周波数の複数の赤外放射ビームが必要である。各赤外放射ビームの周波数は、検知すべきガスの1つの吸収帯に対応させる。本ガス分析装置が検知しようとしている上記全てのガスは、白熱フィラメント電球の出力を濾過することによって発生させることができる周波数の赤外放射内に吸収帯を有している。

【0007】白熱フィラメント電球14が反射器15の近傍に配置され、放射16を生成する。放射16は光音響セル1の赤外放射透過窓3上に入射する。赤外放射透過窓3のために適当な材料はフッ化マグネシウムまたはフッ化カルシウムである。もし少ない数のガスを検知するのであればサファイア窓を使用することもできるがサファイアは上述した全てのガスを検知できる程十分な透過周波数範囲を有していない。放射16のビームは回転フィルタバンク17、固定コード(またはシャッタ)板18、及び回転コード(またはシャッタ)ディスク19を通過して光音響セル1上へ入射する。回転コードディスク19及び回転フィルタバンク17は電動機20によって駆動され、回転コードディスク19が回転フィルタバンク17よりも速く回転するように、回転コードディ

スク19は歯車装置21によって回転フィルタバンク17に結合されている。回転コードディスク19及び固定コード板18は、放射16の連続ビームから被変調放射ビームを生成するようになっている。これは回転コードディスク19及び固定コード板18にそれぞれ複数の開口19A及び18Aを設け、これらの開口をそれぞれ中実部分19B及び18Bによって分離し、開口部分と中実部分の幅を等しくすることによって達成される。回転コードディスク19の開口19A及び中実部分19Bが固定コード板18上の対応する開口18A及び中実部分18Bを通過すると、それらを通過する放射の強度は回転コードディスク19の開口19Aが固定コード板18内の開口18Aを通過する周波数で変調され、ビームの変調周波数はN×コードディスク19の回転周波数になる。但し、Nは開口の数である。

【0008】回転フィルタバンク17は、完全な円を形成するように配列された複数のフィルタからなる。各フィルタは円形の環のセグメントであり、また各フィルタは異なる赤外周波数帯を通過させる。従って、回転フィルタバンク17の各セグメントは異なる周波数の赤外放射を生成する。得られた赤外放射の被変調ビームは赤外放射透過窓3を通過して光音響セル1内を通過し、回転コードディスク19によって発生された変調周波数の周波数を有する音響波を生成する。音響信号はマイクロホン2によってアナログ電気信号に変換され、このアナログ電気信号は同期検出器22へ供給される。同期検出器22には、回転コードディスク19付近に配置された回転センサ23からの信号も供給されている。回転センサ23は開口19Aの1つがセンサを通過する度に信号を発生するのであるが、固定コード板18と回転コードディスク19上の開口18A及び19Aとが整列して赤外放射ビームを光音響セル1へ通過させると同時にこの信号が発生するように回転センサは位置決めされている。同期検出器22は回転センサ23からのこれらの信号を使用してマイクロホン2からの出力の中から赤外放射ビームの変調に同期した信号を分離し、この同期した信号だけの振幅を表す直流信号を生成する。同期検出器22はこの直流信号をアナログ・デジタル(A/D)変換器24へ供給し、A/D変換器24はそれをデジタル化してマイクロコンピュータ25へ供給する。マイクロコンピュータ25はガス分析装置全体のための制御及びデータ処理装置として動作する。

【0009】代替として、回転センサ23からの信号の経路内に調整可能な移相器を同期検出器22内に組み入れ、マイクロホン2からの信号に対する回転センサ23からの信号の位相を調整し、同期検出器22から最大直流出力を発生させるようにしてもよい。マイクロコンピュータ25には回転フィルタバンク17の回転を検知する回転センサ26からの信号が供給されており、この信号は回転フィルタバンク17内のどのフィルタが赤外放

射ビーム16を通過させているかをマイクロコンピュータ25に通報する。マイクロコンピュータ25は、回転フィルタバンク17内の各フィルタ毎にA/D変換器24からのデジタル信号レベルをガス濃度値に変換するために使用すべき変換係数を与え且つこのフィルタによって濃度が検知されたのはどのガスかを与えるルックアップテーブルを含んでいる。動作を説明する。各測定サイクルはマイクロコンピュータ25が電磁サーボ12及び13にガス弁10及び11を開くように命令することから開始される。ポンプ7によって新しいガスサンプルが光音響セル1内に導入され、既存ガスをセル1から排除してガス出口へ排出させる。次いでマイクロコンピュータ25は電磁サーボ12及び13にガス弁10及び11を閉じるように命令し、光音響セル1内のガスを音響的に絶縁させる。

【0010】次にマイクロコンピュータ25は、回転フィルタバンク17の各フィルタ毎に順番にマイクロホン2からA/D変換器24を通して印加される信号の値をメモリ内に記憶し、これらの各値をルックアップテーブル内に記憶されている適切な変換係数を使用してガス濃度値に変換する。全てのフィルタ17に対応する濃度値を発生させた後、マイクロコンピュータ25は全てのフィルタ17に関するガス濃度値を表示装置27に表示させる。勿論、マイクロコンピュータ25はこれらの値をそれぞれ自身のメモリ内に同時に記憶するか、またはそれらをコンピュータディスクのような非揮発性記憶媒体上に記憶させるか、または紙に印刷することも可能である。次いでマイクロコンピュータ25は再度弁10及び11を開かせ新しいガスサンプルを用いてプロセスを繰り返す。もし望むならば、マイクロコンピュータ25は一連のガス濃度値をメモリ内に保持し、複数の測定サイクルの後にこれら全ての値に基づく出力を発生することもできる。この出力は、例えば平均値及び最大値であることができる。代替としてマイクロコンピュータ25は、ガス濃度をメモリ内に記憶されている値と比較し、測定された値がメモリ内に記憶されている値より高いか、または低いかを単純に指示することもできる。メモリ内に記憶されている値が、ガス濃度に関する法規に定められている最大値である場合には、これは車両の排気放出試験に対する簡単な合格または不合格の指示を与えることになる。

【0011】もし白熱電球14の温度が変化すれば、電球が発生する異なる周波数における赤外放射の相対強度が変化し、これはガス分析装置に供給される排気ガス内のガスの濃度の測定を不正確ならしめる。この問題を回避するために、電球駆動回路28から白熱電球14に印加される電圧は、赤外放射フィルタ30を通して白熱電球14を見ている光センサ即ち赤外放射検出器29の出力にตอบสนองして変更される。電球駆動回路28は、赤外放射検出器29上に入射する強度が一定に保たれるよう

に、白熱電球14に供給される電圧を変更するようになっている。このシステムに干渉する考え得る1つの源は、電動機20の動作に起因するガス分析装置の振動及び回転部品17及び19の動作が、マイクロホン2によって拾われる可能性である。固定コード板18及び回転コードディスク19が各々複数の開口を有しているために、赤外放射ビームの変調の周波数はディスク19の回転周波数よりも十分に高くなる。しかしながら回転部品17、19及び電動機20が発生する振動の高調波が赤外放射ビーム16の変調周波数に近い周波数になることが考えられるから、回転フィルタバンク17と回転コード板19との間の歯車装置21に加えて、電動機20と回転フィルタバンク17との間には歯車装置31が設けられ、これらの部品の相対回転速度をそれらの高調波が赤外放射ビーム16の振動周波数と一致しないように配列することができる。ガス濃度の正確な測定が行われるようにするために、回転フィルタバンク17内の各フィルタが放射16のビームを通過させる間に被変調赤外放射ビームの十分なサイクルを発生させるように、歯車装置21は回転フィルタバンク17の回転速度を赤外放射ビームの変調周波数よりも十分に低くするようにも機能する。

【0012】電動機20の回転速度はマイクロコンピュータ25によって制御される。即ち電動機20と回転フィルタバンク17との間の歯車装置31が固定比を有しているため、マイクロコンピュータ25は回転センサ26が発生する信号から電動機20の速度を推定することができる。マイクロコンピュータ25は電動機20の速度を一定に保つように動作する。図2に光音響セル41の代替形状を示す。光音響セル41は実質的に円筒形であり、赤外放射透過窓42によって形成されている第1の端面と、赤外放射吸収体43によって形成されている第2の端面とを有している。マイクロホン44が光音響セル41に近接して取付けられている。先行実施例と同様に光音響セル41はガス入口管8とガス出口管9とに接続されているが、弁によって絶縁されてはいない。その代わりに、光音響セル41は、ガス入口管8及びガス出口管9内にそれぞれ設けられている「くびれ」45及び46によってそれぞれガス入口管8及びガス出口管9から音響的に絶縁されている。くびれ45及び46のような管のくびれを通過する音響信号の最高周波数は計算することができ、くびれの直径及び長さに依存する。この伝送される最高周波数を一般に遮断周波数と呼ぶ。

【0013】遮断周波数が被変調赤外放射ビームの変調周波数よりも低くなるようにくびれ45及び46の寸法を決めれば、光音響セル41は吸収される赤外放射ビームが発生する音響信号に対して密封された室として挙動しながら、同時にガスが入口管8から光音響セル41を通過して出口管9へ通過するのを許容するようになる。もしこの型の光音響セルを図1に示すガス分析装置に使用

するのであれば、電磁サーボ12、13及びそれらの関連制御リードを省くことが可能であり、また排気ガスをポンプ7によって連続的に光音響セル41を通してポンプすることができる。図3にガス分析装置の第2の形状を示す。このガス分析装置は図2に示したものと同一光音響セル41を具備し、この光音響セル41には内燃機関排気管（図示してない）から排気ガスの連続通過流が供給される。この連続通過流は、排気ガス自体の圧力によって発生させてもよいし、または図1のポンプ7のようなポンプを使用して圧力を高めてもよい。何れの場合も、図1に示すようなフィルタ及び乾燥機は使用されよう。先行実施例のように白熱電球14及び反射器15を使用して放射16のビームを生成する。白熱電球14の出力を安定させるために図1の要素28乃至30と等価なセンサ及び駆動システムは必要であろうが、図3では図を簡略化するためにこれらは省略されている。放射16のビームは固定フィルタバンク51、固定コード板52、及び回転コードディスク53を通過する。回転コードディスク53は電動機54によって定速回転させられている。

【0014】光音響セル41に複数のガスを同時に検知させるために、そしてガス分析装置の応答時間を短縮させるために、固定フィルタバンク51、固定コード板52、及び回転コードディスク53は、複数の赤外放射ビームを同時に形成し、複数の各赤外放射ビームが異なる変調周波数を有するように配列されている。これは、固定コード板52及び回転コードディスク53をそれぞれ複数の環状トラック52A-E、及び53A-Eに分割し、各トラックを回転コードディスク53の回転軸から半径方向に異なる距離に配列することによって達成されている。図4に回転コードディスク53の詳細を示す。各トラック53A-53Eは、円形の環状に配列された複数の開口47と中実部分48とを有している。各トラック53A-53Eにおいては開口47と中実部分48とは同一寸法である。対応するトラック52A-Eが固定コード板52上に配列されており、トラック52Aはトラック53Aに隣接し、同一寸法の開口及び中実部分を有している。同様にトラック52Bと53B、52Cと53C、52Dと53D、及び52Eと53Eもこのような配列になっている。各トラック53A-53Eは異なる数の開口を有しており、その結果回転コードディスク53が固定コード板52に対して回転すると各トラック53A-53Eは異なる周波数で変調された放射のビームを発生する。固定フィルタバンク51は複数の部分環状トラック51A-51Eに分割され、各トラックは回転コードディスク53及び固定コード板52上のトラック53A-53E及び52A-52Eの部分の1つに重なっている。各トラック51A-51Eは1つの周波数帯内の赤外放射だけを通過させるフィルタである。全てのフィルタトラック51A-51Eは異なる周波数

通過帯域を有しており、また各周波数通過帯域はガス分析装置に検知させるガスの1つの吸収帯に対応している。放射16のビームは固定フィルタバンク51、固定コード板52、及び回転コードディスク53に入射し、各トラックA-Eは異なる周波数と異なる変調周波数を有する赤外放射ビーム61A-61Eを生成する。

【0015】5つのトラックA乃至Eを有する図示のシステムは、同時に5つの異なるガスCO、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>C、N<sub>2</sub>、及びNOの濃度を検知できる。望むならば、検知できるガスの数を増加させるために、さらなるトラックを追加できることは明白である。全てのビーム61は赤外放射透過窓42を通して光音響セル41内へ入り、光音響セル41内のガスによって同時に吸収され、各ビームはその変調周波数の周波数を有する音響信号を生成する。これらの全音響信号はマイクロホン44によって同時に検出され、マイクロホン44はそれらをアナログ電気信号に変換して増幅器55に供給する。増幅された信号は、赤外放射ビーム61の全ての変調周波数をカバーするように設定されている通過帯域を有する帯域通過フィルタ56に印加される。この増幅され、濾波された信号は複数の同期検出器57A乃至57Eへ供給される。各同期検出器57A乃至57Eには、対応する光検出器58A乃至58Eからの信号も供給されている。電球59及びレンズ60が生成する光ビームは回転コードディスク53を通して光検出器58A乃至58Eに入射する。各光検出器58A乃至58Eは、光検出器58Aがトラック53Aに接してのように、回転コードディスク53上のトラック53A-53Eの1つに接して配置され、また電球59からの光ビームが光検出器58A乃至58Eに入射する時に生成される信号が赤外放射ビームの変調（これらもまた回転コードディスク53によって生成される）と同期して変調されるように、回転コードディスク53に対して取付けられている。

【0016】図1の実施例におけるように、各光検出器58とその対応同期検出器57との間に可変移相器を配置することもできる。同期検出器57A乃至57Eは、マイクロホン44からの増幅され、濾波された信号から、それらに関連した光検出器58A乃至58Eからの信号と同期した部分を抽出する。つまり各同期検出器57A乃至57Eは、対応する赤外放射ビーム61A-61Eによって生成された音響信号の振幅に比例する電圧を有する直流信号を生成するのである。各同期検出器57A乃至57Eの出力は、対応する低域通過フィルタ62A-62Eに供給される。これらの低域通過フィルタ62A-62Eは、残留する変調を除去するために数ヘルツの遮断周波数を有している。これらの各濾波された信号は、対応するA/D変換器63A-63Eに印加される。デジタル化された信号は全てマイクロコンピュータ64に供給されマイクロコンピュータ64は適切な倍率を適用してこれらの値からガス濃度を計算し、表示

装置65上にこれらの濃度を表示させる。マイクロコンピュータ64にはA/D変換器66によってデジタル化された後の光検出器58A-58Eからの信号も供給されているので、マイクロコンピュータ64は回転コードディスク53の回転速度を決定し、電動機54の速度を調整して回転コードディスク53の回転速度をほぼ一定に保つことができる。

【0017】勿論、前述したように、計算されたガス濃度を表示もしくは記憶するのではなく、ある時間にわたる異なるガスの濃度の平均値または変動を計算し、表示することもでき、また印刷することも可能である。若干の環境においては、上述したガスの他に酸素の濃度も測定できることが望ましい。これは、図3のシステムに単純に別のトラックを追加しただけでは達成することはできない。何故ならば、ガス状酸素は十分に強い赤外放射吸収帯を有していないからである。ガス状酸素は複数の密にグループ化した吸収線を有しているが、たとえこの吸収線のグループの周波数の赤外放射ビームを発生させるために帯域通過フィルタを使用しても、線間の間隙とは対照的に、吸収線内には赤外放射ビーム内のエネルギーの極めて僅かな割合が含まれるだけであり、従って吸収される放射の合計割合は極めて低いことが分かった。その結果、酸素に対するガス分析装置の感度は、他のガスに対する感度よりも遥かに低くなる。実際には酸素に対するガス分析装置の感度は、背景雑音から酸素による信号を拾い上げることが不可能である程度に、他のガスに対する感度よりも遥かに低いことが分かった。

【0018】しかしながら、酸素は赤外領域内に狭い吸収線を有しており、これらは光音響セル内において酸素濃度を測定できる程十分に強いものである。このためには、吸収線の幅に等しいか、またはそれより狭い周波数帯域幅を有する被変調レーザビームを使用する必要がある。図5に、他のガスの濃度に加えて、酸素の濃度を検知することができる装置を示す。この装置は、図3に示した排気ガスを検知するための光音響セル41及び他の成分を具備しているが、図5では簡略化のためにそれらの殆どを省略してある。酸素濃度を検知できるようにするためにガリウム・アルミニウム・砒素(GAAS)レーザダイオード71を使用している。GAASレーザダイオードは700乃至780nmの領域内の波長を発生させることができ、またそれらの動作温度を変えることによって数nmの範囲にわたって波長を同調させることができる。製造されたGAASレーザダイオードから適当なものを選別することによって760nmの酸素吸収帯付近の波長を有するGAASレーザダイオードを選択することができる。前述したように、実際には酸素吸収帯は複数の密に離間した極めて狭い吸収線であり、レーザダイオード71はその温度を調整することによって760.4nm吸収線のようなこれらの吸収線の1つに同調させることができる。このようにするために、レーザダイオード

71をオープン72内に配置し、オープン72の温度を可変電圧電源74からオープン72内の加熱要素73に供給される電圧を変えることによってオープン72の温度を制御する。レーザダイオード71が放出するレーザビームはレンズ75によって平行化され、ガラス製の光学平面によって形成されている1対の半透明反射器76及び77を通過させられる。両半透明反射器76及び77を通るレーザビームの一部は赤外放射透過窓42を通過して光音響セル41へ入射して吸収され、音響信号を生成し、この音響信号はマイクロホン(図示していない)によって拾われる。レーザビームはレーザダイオード71への電源を変調することによって変調される。光音響セル41上に入射する他の全ての赤外放射ビーム61の変調周波数とは異なるようにこの変調周波数を設定することによって、光音響セル41内の酸素によるレーザビームの吸収に起因する音響信号を、他の音響信号とは区別することができる。

【0019】酸素吸収線の1つに同調させたレーザビームを使用したとしても、酸素に対するガス分析装置の感度は未だ比較的低い。この感度を増加させるために反射ストリップ78及び79を赤外放射吸収体43及び赤外放射透過窓42の後面上にそれぞれ配置し、レーザビームをそれらの間で反射させて光音響セル41内を数回にわたって通過させ、経路長と吸収されるエネルギーの量を増加させることによって、発生する音響信号の大きさを増加させることができるのは明白であろう。平行化されたレーザビームの直径が比較的小さいために、反射ストリップ79が他の赤外放射ビーム61に対する光音響セル41の感度に大きい影響を与えることなく、上記の如きことがなし得るのである(図6参照)。半透明反射器76及び77は、レーザダイオード71が放出する放射の波長を760.4nmの選択された酸素吸収線上に保つフィードバック回路の一部を形成している。2枚の半透明反射器76及び77から反射された2つのビームはフィルタ80を通過して1対の光検出器81及び82上にそれぞれ入射する。反射器76からのビームは光検出器81上に入射し、反射器77からのビームは光検出器82上に入射する。2つのビームはフィルタ80においてはほぼ2°の角度に収束するように配列されている。

【0020】フィルタ80は丁度760.4nmを中心とする通過帯域を有する薄膜フィルタであり、矢印で示するように、それを通るレーザビームに対して傾斜させることが可能である。フィルタの中心波長はレーザビームに対してフィルタを適切な角度に傾斜させることによって微細に同調させることができる。何故ならば、これは薄膜フィルタであり、従ってその通過帯域は放射の入射角に依存して変化するからである。この角度は始めに設定してしまえば、操作中に再度調整する必要はない。フィルタ80の通過帯域はレーザ放出のスペクトル幅よりも遥かに広いが、2つの光検出器81及び82に衝突



する光の相対強度（フィルタ80が通過させる2つのビームの相対強度に対応する）を測定することによってレーザー出力の波長を精密に測定することができる。光検出器81及び82にそれぞれ入射するビームの相対強度 $I_1$ 、及び $I_2$ は、レーザーダイオード71が放出する放射の波長と、フィルタ80への2つのビームの入射角とに依存する。2つのビームの入射角はそれらがフィルタ80の透過最大値の両側に位置するように配列されており、従って強度 $I_1$ 、及び $I_2$ の比はレーザー波長だけに依存して変化する（図7参照）。

【0021】光検出器81及び82からの信号は比回路83内で比較される。回路83は、レーザーダイオード71の放出波長の760.4nmに対応する最適値に強度 $I_1$ 、及び $I_2$ の比を戻すようにオープン72の加熱要素73への供給電圧を変更することを可変電圧電源74に命令する。勿論、図3のガス分析装置に付加したのと同じ容易さで、図1のガス分析装置に付加的な装置を付加して酸素検知を可能にすることができる。マイクロホン出力の異なる周波数における強度を見出すためには、同期検出器を使用する代わりにマイクロホンからの出力を弁別し、次いで高速フーリエ変換してもよい。音響信号振幅値からガス濃度を計算するためにマイクロコンピュータ25及び64が使用する変換係数は、ガスが吸収するエネルギーの量がその濃度に対して線形に上昇しないという事実を斟酌して、単純な乗算係数以上のものとすべきである。必要な変換係数は容易に計算することができる。回転コードディスクまたはフィルタバンクを使用する代わりに、振動エンコーダまたはフィルタバンクを使用することもできる。代替として、回転コードディスク及び固定（静的）コード板を、ブラッグ（Bragg）セルまたは液晶シャッタのようなソリッドステート変調器で置換することもできる。

【0022】適切な周波数帯を有するビームを生成するために帯域通過フィルタを使用する代わりに、適切な周波数のレーザービームを使用して前述したガスの何れかを検知することもできるが、通常これは不経済である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による排気ガス分析装置の実施例の概要図である。

【図2】図1の排気ガス分析装置に使用するのに適する光音響セルの代替形状を示す図である。

【図3】本発明による排気ガス分析装置の別の実施例の概要図である。

【図4】図3の排気ガス分析装置の変調器及びフィルタの詳細図である。

【図5】図3の排気ガス分析装置に付加して酸素を検知することを可能にする要素を示す図である。

【図6】図5のガス分析装置の光音響セルの一部の拡大図である。

【図7】図5のガス分析装置の動作を説明するためのグ

ラフである。

【符号の説明】

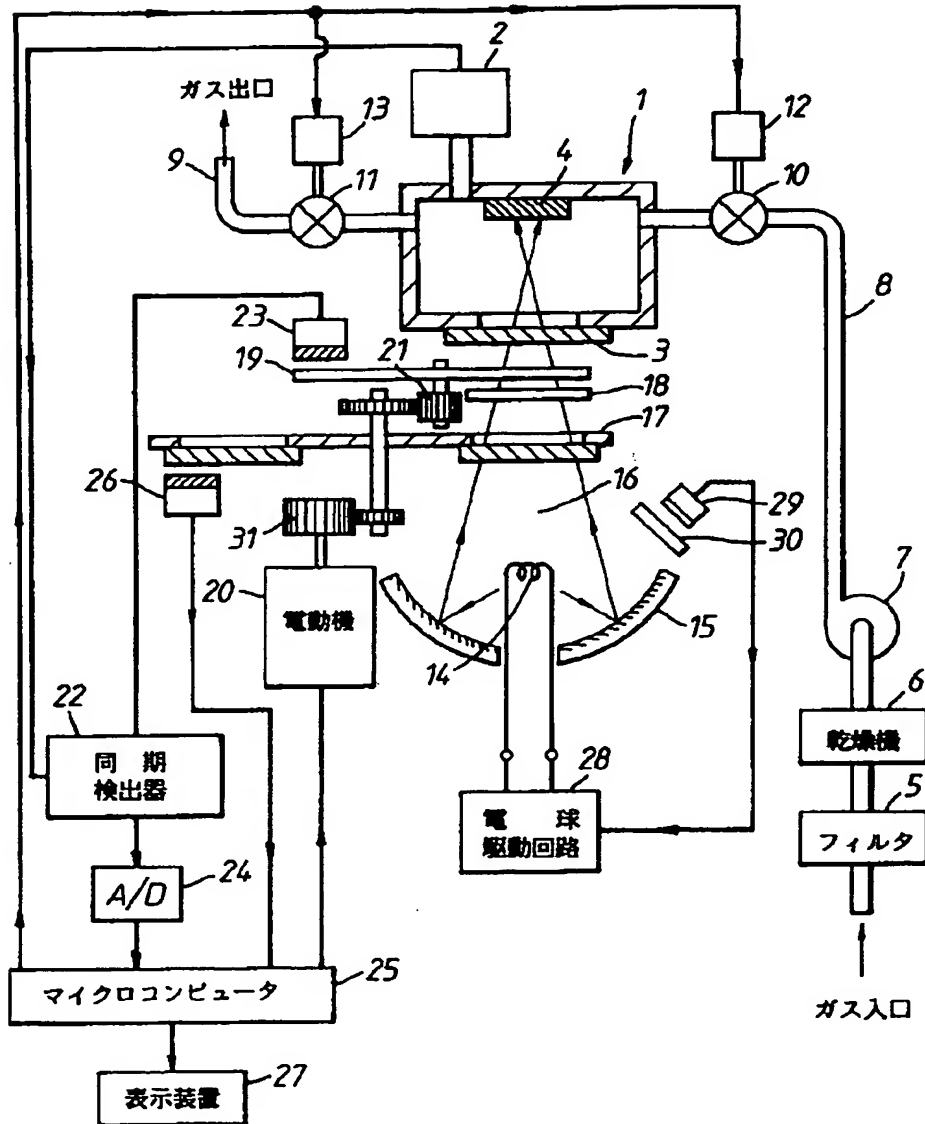
- 1 光音響セル
- 2 マイクロホン
- 3 赤外放射透過窓
- 4 赤外放射吸収体
- 5 フィルタ
- 6 乾燥機
- 7 ポンプ
- 10 8 ガス入口管
- 9 ガス出口管
- 10 入口弁
- 11 出口弁
- 12、13 電磁サーボ
- 14 白熱フィラメント電球
- 15 反射器
- 16 （赤外）放射
- 17 回転フィルタバンク
- 18 固定コード板
- 20 19 回転コードディスク
- 20 電動機
- 21 歯車装置
- 22 同期検出器
- 23 回転センサ
- 24 A/D変換器
- 25 マイクロコンピュータ
- 26 回転センサ
- 27 表示装置
- 28 電球駆動回路
- 30 29 赤外放射検出器
- 30 赤外放射フィルタ
- 31 歯車装置
- 41 光音響セル
- 42 赤外放射透過窓
- 43 赤外放射吸収体
- 44 マイクロホン
- 45、46 管のくびれ
- 47 開口
- 48 中実部分
- 40 51 フィルタバンク
- 52 固定コード板
- 53 回転コードディスク
- 54 電動機
- 55 増幅器
- 56 帯域通過フィルタ
- 57 同期検出器
- 58 光検出器
- 59 電球
- 60 レンズ
- 50 61 赤外放射ビーム



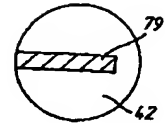
- 62 低域通過フィルタ  
 63 A/D変換器  
 64 マイクロコンピュータ  
 65 表示装置  
 71 ガリウム・アルミニウム・砒素レーザダイオード  
 72 オープン  
 73 加熱要素

- \* 74 可変電圧電源  
 75 レンズ  
 76、77 半透明反射器  
 78、79 反射ストリップ  
 80 フィルタ  
 81、82 光検出器  
 \* 83 比回路

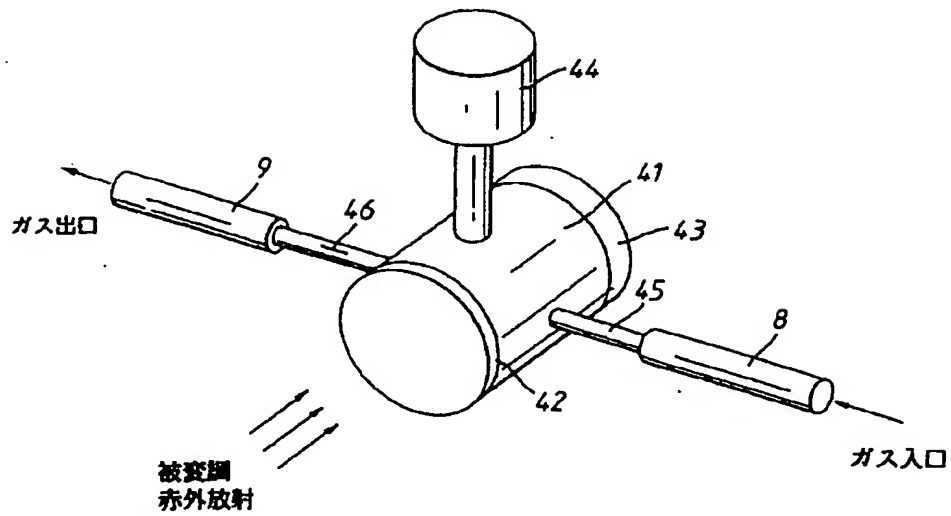
【図1】



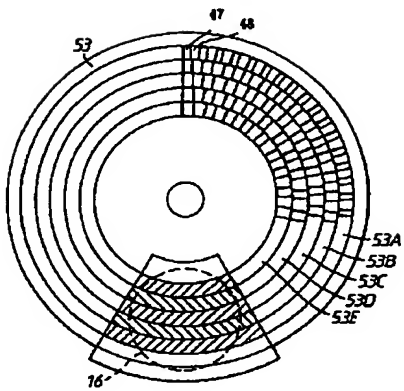
【図6】



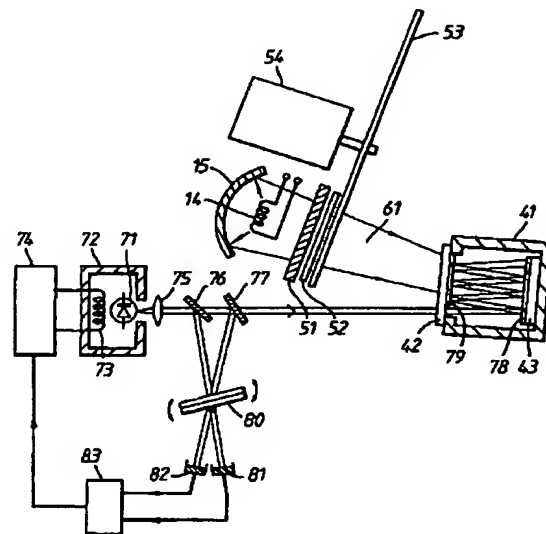
【図2】



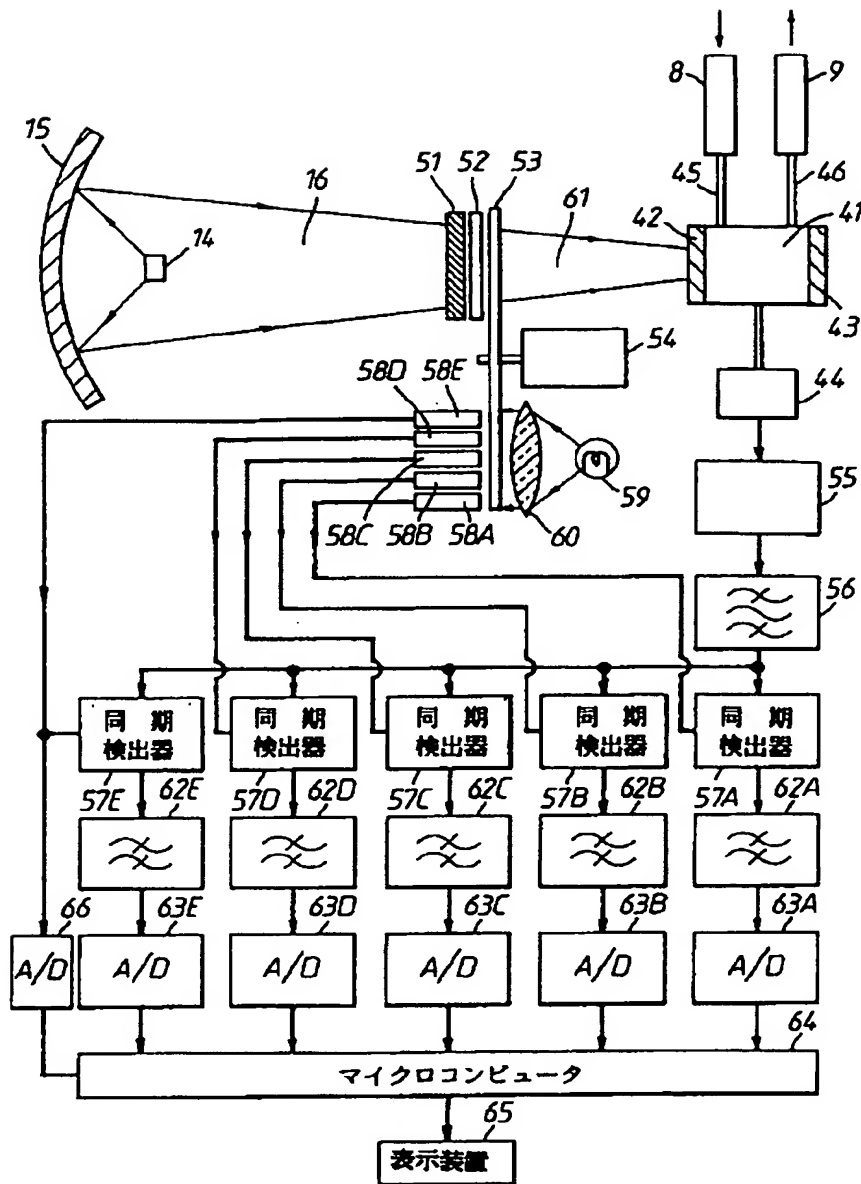
【図4】



【図5】



【図3】



【図7】

